

## EL MECANISMO DEL LAVADO EN TRIGO

M.A. CANTAMUTTO y F.E. MÖCKEL <sup>1</sup>

Recibido: 16-05-91

Aceptado: 27-11-91

### RESUMEN

*Con el fin de estudiar la relación entre la absorción de agua por el grano previa a la cosecha y la calidad comercial, se simularon lluvias de distinta duración en varios estadios posteriores a la madurez fisiológica aplicadas a espigas de un cultivar en dos años.*

*Los granos no incrementaron sustancialmente su contenido de humedad por absorción directa de la lluvia pero sí lo hicieron cuando las espigas permanecieron luego de estar 24 h en condiciones de alta humedad relativa. En ese caso tomaron agua libre retenida en la espiga y agua absorbida por partes "no grano" que pasó al grano.*

*Cuando se produjo un incremento de humedad en los granos disminuyó en primer lugar el Peso Hectolítico (PH), posteriormente se opacó el aspecto externo y en último término cambió la textura interna pasando a una "no vítrea".*

**Palabras clave:** Grano de trigo, lavado, calidad comercial, humedad de grano, lluvias, vitreosidad.

### THE "BLEANCHING" MECHANISM IN WHEAT

#### SUMMARY

*Simulated rain durations were applied to spikes of one wheat cultivar in two years, at several development stages with the objet to study the relation between water absortion of the grain and comertial quality.*

*The kernnels didn't increase their moisture by directly absorbing rain. It did so when the spikes were maintained 24 h in conditions of high relative humidity after rain. In this case the grains took free water and water absorved from "non grain" parts of the spike that passed to the kernel.*

*When water was absorved by the kernel, the first effect was a decrease in test weight, followed by loss of brightness and finnaly chaingeing the endosperm texture to non vitreous (Meally).*

**Key words:** Wheat grain, bleanching, comercial quality, kernel humidity, rain vitreousity.

<sup>1</sup>LABCEOL. Departamento de Humus y CERZOS. U.N.S. -8000- BAHIA BLANCA

## INTRODUCCION

El grano de trigo puede ser afectado por inclemencias climáticas previas a la cosecha. Uno de los procesos más conocidos es el "lavado" originado por lluvias o rocíos que causan una serie de alteraciones tales como: disminución del peso hectolítrico (PH) y de la densidad, opacamiento del brillo natural de los granos, pasaje de la textura interna vítrea o cristalina a una opaca o blanquecina, etc. En grados de acción más severos, poco frecuente en la Argentina, las lluvias pueden llegar a causar hasta el brotado de los granos en la espiga (Möckel et al., 1984; Cantamutto et al., 1986 a, b, c).

Dada la ausencia de investigaciones que contemplen el conocimiento conjunto de la interacción entre la lluvia, el humedecimiento y el efecto sobre el grano es que se ejecutó el presente trabajo, cuyo objetivo fue establecer la relación existente entre estas tres variables a fin de contribuir al diseño de modelos que permitan predecir con mayor exactitud el daño por lluvias.

Se partió de la hipótesis de que las lluvias en precosecha aumentan la humedad de los distintos componentes de la espiga (granos, glumas, glumelas, raquis) y que el incremento de humedad del grano es la causa principal del lavado al originar un proceso de hidratación y secado. Dentro de este postulado global se estudió si:

1- Los componentes "no grano" de la espiga pueden actuar como intermediarios en el proceso por el cual el agua interceptada durante la lluvia entra al grano.

2- Las condiciones posteriores a la lluvia insiden en el monto total del agua absorbida por el grano.

3- La cantidad de agua absorbida por los distintos componentes de la espiga depende de su grado de madurez.

4- El efecto deletéreo sobre el grano (caída del PH o de granos vítreos) depende del grado de madurez y del monto de agua absorbida.

5- Existe un secuenciamiento en la manifestación de los distintos índices.

## MATERIALES Y METODOS

### A) OBTENCION DE LAS ESPIGAS A TRATAR

Se sembraron parcelas de trigo pan (*Triticum aestivum* L) CV Buck Nándú en 1983 y 1984. Se estableció la fecha media de antesis (E65) y la densidad de espigas. Al alcanzar la madurez fisiológica se cortaron las plantas a nivel del suelo. Con unas 120 espigas procedentes de 1,60 m de surco se realizaron gavillas atadas en su base y abiertas en la parte superior. Estas gavillas fueron colocadas bajo techo en un galpón aledaño a  $21,2 \pm 6,3$  °C temperatura + desvío estándar y  $53,9 \pm 16,6$  % de HR (humedad relativa + desvío estándar) y mantenidas allí hasta el momento en que se realizaran las simulaciones de lluvias. Parte del lote fue dejado en el campo en condiciones naturales.

Cincuenta espigas fueron disecadas en sus distintos componentes (granos, glumas, glumelas, raquis). Se determinó el peso seco (ver inciso C) y el contenido de proteína bruta de los granos (base 13,5 % de humedad) mediante refractancia de rayos infrarrojos (Cuadro N°1).

### B) SIMULACION DE LLUVIAS

Se empleó un aparato simulador con picos pulverizadores de cono lleno dispuestos al tresbolillo a 0,45 m entre ellos y a 2,50 m del suelo. En las condiciones de trabajo arrojaba  $46,4 \pm 9,5$  mm.h-1, valor varias veces superior al calculado por Bauer y Black (1983) para que la disponibilidad de agua de la lluvia no limite el proceso de absorción de agua del grano de trigo.

## El mecanismo del lavado en trigo

Cuadro N°1: Características del material experimental empleado.

ARO	1983	1984
Cultivo		
Esp. m <sup>2</sup>	375±128	318±131
Fecha media antesis	1-XI-83	1-XI-84
Espigas:		
Peso Seco (g)	1.51±0.28	1.47±0.25
Grano (% sss)	71.80±2.60	71.30±1.60
Envolturas (% sss)	24.60±1.80	23.20±1.70
Raquis (% sss)	4.20±0.80	4.50±0.30
Espiguillas/espiga	14.05±1.71	15.84±1.88
Granos/espiguillas	2.04±0.32	1.83±0.17
P1000	34.78±7.30	40.01±0.85
Relac. Glumelas: glumas	-----	2.17±0.40:1
Proteína grano (%)	10.3	12.7

Signos y aclaraciones en el texto.

Los valores seguidos de ± indican promedio ± D.S.

Cuadro N°2: Tratamientos realizados.

ARO	MOMENTO (DIAS DESDE ANTESIS)	DURACION LLUVIA (h)	CONDICIONES 24 h SIGUIENTES
1983 (I)	35-45-55-65	0-1-2	A - C
1984 (II)	40-45-55-65	0-1-2	A - C - E

(1) A= Ambiente del laboratorio (20-25°C)  
C= Bajo cerca de 3 m<sup>2</sup> durante 24 h a 20-25°C  
E= Embolsadas con bolears de polietileno 24 h a 20-25°C

el proceso de absorción de agua del grano de trigo.

Los tratamientos de simulación se realizaron en distintos momentos de la postmadurez fisiológica con lluvias de duración variable. Luego de la lluvia se estacionaron las gavillas durante 24 h bajo diferentes condiciones de humedad ambiental.

(Cuadro N°2).

A fin de establecer efectos aditivos, en 1984 gavillas que habían recibido 3 h de lluvia y permanecieron en el galpón recibieron otras 3 h de lluvia al momento siguiente. Luego fueron llevadas a la condición de estacionamiento C.

## C- SEGUIMIENTO DE LA HUMEDAD

Se lo realizó en la espiga, y sus componentes empleándose muestras de cinco espigas en cada unidad experimental. La disección se realizó manualmente y se separaron los componentes granos, envolturas (glumas y glumelas) y raquis. Se determinó por gravimetría en estufa con circulación forzada de aire a 130-135 °C y permanencia de 1:30 h para envolturas y raquis de 20 h para espigas y granos, en concordancia con Meredith y Jenkins (1975) y con Bowden (1984).

Este parámetro fue determinado periódicamente en las espigas en el campo y el galpón

e inmediatamente luego de las lluvias artificiales y a las 24 h de éstas. En 1983 se lo determinó además a las 144 h.

Los valores se expresan sobre la base húmeda (ssh), excepto cuando se indica expresamente sobre base seca (sss).

## D- EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LOS GRANOS

A los diez días de la última lluvia artificial se trillaron las gavillas y se determinaron los siguientes parámetros:

## d1) Peso hectolítrico (PH)

Mediante técnica "micro" para lo cual se agregó al Chondrómetro de Schopper un limitador (Cilindro de aluminio con perforaciones) para disminuir la cámara de medición del volumen a 40 cm<sup>3</sup>. Para la medición del PH se emplearon 50 cm<sup>3</sup> de grano que se arrojaba en la parte superior del chondrómetro.

El peso del trigo faltante con respecto al método original fue reemplazado por otro cilindro macizo de aluminio de peso equivalente que caía conjuntamente y por encima del grano al deslizarse éste hacia la cámara de medición.

La correlación entre este método y el original posee un R = 0,967 \*\*

**d2) Densidad - P1000 - V 1000**

Se determinó el peso de 250 granos y su volumen por desplazamiento de tolueno en un picnómetro, expresándose como peso de mil granos (P1000) y volumen de mil granos (V1000). La densidad real de los granos fue calculada como cociente entre el volumen y el peso de los granos.

**d3) Vitreosidad**

Se determinaron las fracciones Vítreos, Panza Blanca, Moteados y Dudosos según la metodología establecida en el trabajo previo (Cantamutto et al. 1986 a).

**d4) Análisis estadístico**

Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones siendo la unidad experimental la gavilla. Para el contenido de humedad de los componentes de la espiga luego de la lluvia se incluyeron en el análisis de variancia (ANOVA) los factores momento (DDE65) y duración de la lluvia. Los valores de humedad luego del estacionamiento por 24 h y a las 144 h fueron analizados incluyendo otro factor adicional debido a la condición de estacionamiento practicada. Se realizó además un análisis conjunto de todos los valores de cada año, determinándose la diferencia mínima significativa (DMS) para dos niveles de significancia. Los efectos sobre las propiedades de los granos fueron analizados del mismo modo. Todos los parámetros expresados en forma porcentual fueron transformados en grados de ángulo para su tratamiento estadístico.

**RESULTADOS Y DISCUSION****1- Efecto del engavillado sobre la evolución de la humedad**

Las curvas de secado de las partes de las espigas en el galpón y en el campo (Figuras

1 y 2), así como resultados previos (Tombetta et al., 1975, Dodds et al., 1978, Tipples, 1979, Clarke, 1981 y 1986, Kirleis et al., 1982), indican que no hubo efectos sobre el proceso de maduración del grano. No surge tampoco evidencia de que las estructuras reproductivas de las plantas engavilladas dentro del galpón hayan sido afectadas en su mecanismo de respuesta a las lluvias.

**2- Efecto de la lluvia artificial sobre la humedad de las estructuras reproductivas****Granos 1983**

Cuando el grano tenía 17,2 % de humedad las lluvias retrasaron levemente el proceso de secado que estaba teniendo lugar (Cuadro N°3). Con humedad del grano menor al 10,8% las lluvias la incrementaron en mayor magnitud con el avance de la posmadurez.

El grano ganó agua a las 24 h de la lluvia, que pudo provenir de humedad ambiental, como en el caso de las espigas que no habían recibido lluvias, o de otras estructuras. Este incremento fue mayor con el avance de la posmadurez y siempre fue mayor en la condición C, respecto de la condición A.

A las 144 h de la lluvia los granos presentaron valores de humedad equivalentes, con la sola excepción de los tratamientos a los 65 DDE65 y con estacionamiento en C. Esto pudo deberse a que a los 20 días después de haber alcanzado un valor de humedad compatible con cosecha directa, los granos presentaron una mayor capacidad de absorción de agua de la lluvia y de otros componentes del sistema.

**Granos 1984**

Cuando el grano no estaba aún seco para cosecha directa, con humedad de 26,7 y 16,1 % y en el período de desecación (a los 40 y 45 DDE65) las lluvias incrementaron la humedad del mismo, saturando su capacidad de absorción (Cuadro N°4). Durante las 24 h de estacionamiento los granos continuaron el

## El mecanismo del lavado en trigo

Figura 1: Evolución del contenido porcentual de humedad en el Ensayo I.

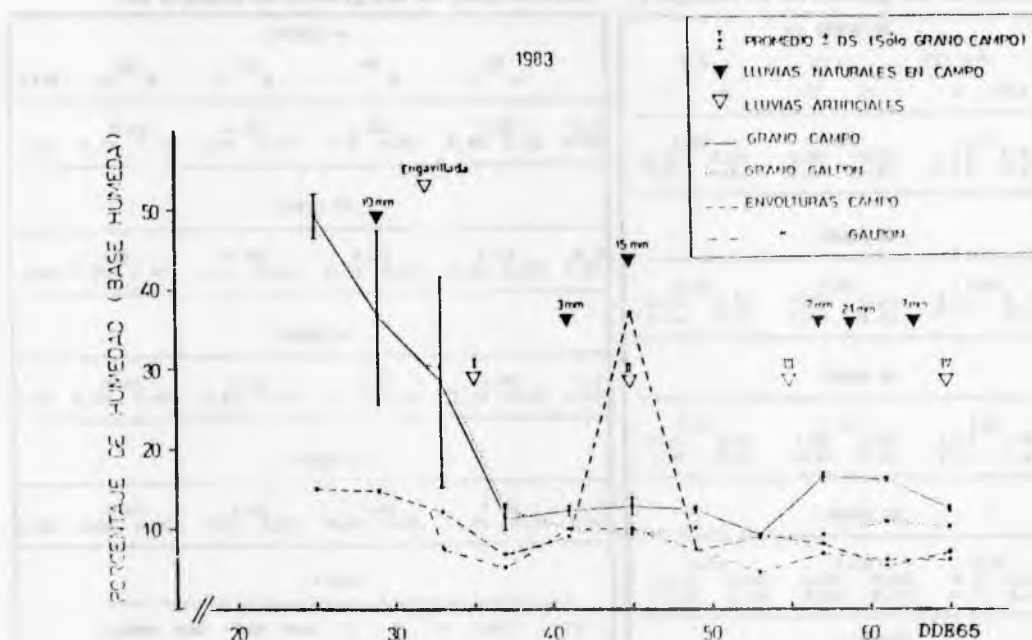
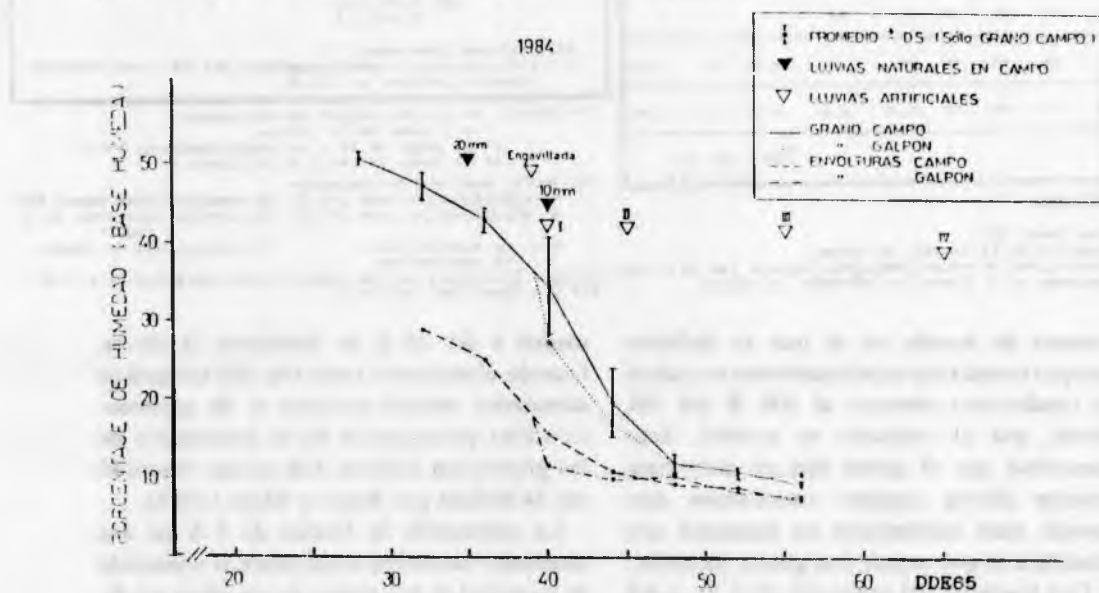


Figura 2: Evolución del contenido porcentual de humedad en el Ensayo II.





Cuadro N°3: Contenido porcentual de humedad (ssh) de los granos en el Ensayo I

35 DDE65 (1)							
0 h (2)		1 h		2 h			
A(2)	C	A	C	A	C		
0 h(4)	17,2		18,5		18,1		
24 h	14,3	14,7	15,8	16,1	14,6	16,1	
144 h	11,9	12,0	12,0	12,2	12,1	12,3	

45 DDE65							
0 h	10,8		12,0		12,4		
24 h	11,5	11,8	13,3	13,8	13,3	11,8	
144 h	11,0	10,8	11,1	11,3	11,0	11,4	

55 DDE65							
0 h	9,1		11,1		12,5		
24 h	10,1	10,3	12,5	13,7	13,4	15,8	
144 h	11,1	11,3	12,0	12,0	12,0	12,1	

65 DDE65							
0 h	10,0		13,1		14,9		
24 h	11,6	11,8	14,0	16,3	15,2	17,3	
144 h	11,2	11,0	11,8	12,2	11,3	12,3	

ANOVA (5)							
F.C.V.	TRAT	M	N	S	MxN	MxS	NxS
0 h	**	**	**	-	**	-	-
24 h	**	**	**	**	*	n.s.	**
144 h	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

DMS 0,05: 1,1  
0,01: 1,3

## ACIARACIONES:

- (1) Días desde E65  
(2) Duración de la lluvia, en horas  
(3) Condiciones de estacionamiento durante las 24 h posteriores a la lluvia A= AMBIENTE C= CARPA

Cuadro N°4: Contenido porcentual de humedad (ssh) de los granos de Ensayo II.

40 DDE65									
0h		1h		3h		5h		E(1)	
A	C	A	C	A	C	A	C		
0 h	26,7		29,4		29,4		29,5		
24 h	23,3	26,6	23,8	27,7	23,8	29,2	23,3	25,3	34,2

45 DDE65									
0 h	16,1		17,4		18,8		18,5		
24 h	14,1	14,8	15,3	17,1	16,3	18,4	16,1	20,3	28,8

55 DDE65									
0 h	10,2		11,6		13,0		14,8		
24 h	12,6	13,4	13,3	16,4	15,3	18,6	15,3	22,0	27,0

65 DDE65									
0 h	10,7		11,7		13,2		16,0		
24 h	11,8	13,1	14,2	16,8	14,9	17,5	16,0	18,3	29,0

ANOVA									
FDV	TRAT	M	N	S	MxN	MxS	SxN	MxNxS	
0 h	**	**	**	-	n.s.	-	-	-	
24 h	**	**	**	**	**	n.s.	**	n.s.	

DMS 0,05= 2,5  
0,01= 3,3

Acclaraciones ídem cuadro 3  
(1) E corresponde a estacionamiento por 24 h con humedad ambiente cercana al 100 %

(4) Momento en que se realizó la evaluación:

0 h = luego de la lluvia

24 h = luego de 24 h de estacionamiento A o C

144 h = luego de 144 h de la lluvia.

(5) ANOVA: Análisis de variancia

\*\* significativo para  $p=0,01$  M= momento (Días desde E65)\* significativo para  $p=0,05$  N= niveles (duración de la lluvia)

n.s. no significativo S= condiciones de secado

- no corresponde

D.M.S.= Diferencia mínima significativa para  $p=0,01$  y  $0,05$ 

F.D.V.= Fuente de variación.

proceso de secado en el que se hallaban excepto cuando ese estacionamiento se realizó en condiciones cercanas al 100 % del HR donde, por el contrario se revirtió. Esto demuestra que el grano aún no seco para cosecha directa requiere condiciones más severas para incrementar su humedad con relación a lo que ocurre con granos ya secos.

Con humedad del grano del 10,2 % y del 10,7 % los granos ganaron humedad en forma proporcional a la duración de la lluvia. Al igual que en 1983 los granos ganaron hu-

medad a las 24 h de finalizada la lluvia. Cuando el ambiente tenía alta HR los granos alcanzaron valores cercanos al de germinación. Esta postergación de la hidratación de los granos con relación a la espiga concordó con la hallada por Bauer y Black (1983).

La reiteración de lluvias de 3 h en dos momentos sucesivos actuó sobre el contenido de humedad de los granos de un modo no diferenciable al de aquellos que la recibieron solo en el último de esos momentos (Datos no presentados).

## El mecanismo del lavado en trigo

Cuadro N°5: Contenido porcentual de humedad (ssh) en las glumas y glumelas en el Ensayo I.

35 DDE65							
0 h		1 h		2 h			
A	C	A	C	A	C		
0 h	8,3		35,3		39,6		
24 h	8,1	8,1	8,9	8,1	8,4	9,1	
144 h	9,2	8,3	9,3	9,5	9,5	9,5	
45 DDE65							
0 h	9,0		39,5		44,0		
24 h	9,9	9,8	10,6	10,5	10,5	10,2	
144 h	7,5	8,1	8,0	7,4	7,7	8,4	
55 DDE65							
0 h	8,4		37,3		43,6		
24 h	8,2	8,1	8,4	8,3	9,5	9,4	
144 h	7,5	7,6	7,9	7,6	7,8	7,5	
65 DDE65							
0 h	7,8		44,7		48,4		
24 h	11,1	11,2	12,4	13,2	12,2	13,7	
144 h	9,9	8,6	9,3	8,6	8,7	8,2	
ANOVA							
F.D.V.	TRAT	M	N	S	MxN	MxS	MxNxE
0 h	*	**	**	-	**	-	-
24 h	**	**	**	n.s.	*	**	n.s.
144 h	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
DMS 0,05=0,4 0,01=0,5							
Aclaraciones: ídem cuadro 3							

Cuadro N°6: Contenido porcentual de humedad (ssh) en las glumas y glumelas en el Ensayo II.

40 DDE65										
0 h		1 h		3 h		5 h				
A	C	A	C	A	C	A	C			E
0 h	11,7		39,6		44,3		41,5			
24 h	10,2	10,2	9,8	10,0	9,3	10,0	9,3	11,5	11,5	14,2
45 DDE65										
0 h		10,0		42,1		48,3		51,5		
24 h	9,8	10,5	10,5	11,0	13,9	12,2	10,1	11,7	11,7	15,2
55 DDE65										
0 h		8,1		40,7		46,7		48,2		
24 h	10,0	11,4	10,8	11,2	10,8	17,3	9,7	13,8	13,8	17,9
65 DDE65										
0 h		7,9		41,7		46,3		52,0		
24 h	9,8	10,8	10,5	12,1	9,3	10,9	11,1	10,0	10,0	40,9
ANOVA										
F.D.V.	TRAT	M	N	S	MxN	MxS	SxN	MxNxE	MxSxE	SxNxE
0 h	**	*	**	-	*	-	-	-	-	-
24 h	**	**	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DMS 0.05=2,7 0.01=3,5										
Signos y aclaraciones ídem cuadro 4										

## Glumas y Glumelas 1983

Las envolturas estaban equilibradas con la humedad ambiente a los 35 DDE65, manifestando en todos los momentos una alta capacidad de absorción de agua en la primera hora de la lluvia (Cuadro N° 5). Al avanzar la posmadurez aumentó la capacidad de absorción de esas estructuras.

En todos los casos, a las 24 h de las lluvias, cayó su contenido de humedad.

## Glumas y Glumelas 1984

Al igual que en 1983 las envolturas absorbieron el grueso del agua durante la primera hora de lluvia aunque a diferencia del caso anterior, el grado de posmadurez no incidió en la capacidad de absorción de agua (Cuadro N°6). Esto pudo deberse a que en 1984 la madurez fue más tardía que en 1983. También a las 24 h de la lluvia decayó el contenido de humedad, observándose en general, una ten

dencia a ser levemente mayor luego del estacionamiento en C. La caída observada durante el estacionamiento en E fue aún de menor magnitud.

#### Raquis 1983 y 1984

El contenido de humedad del raquis manifestó una tendencia idéntica a la de las envolturas en cada uno de los años, por lo cual no se presentan los valores observados.

#### Espigas 1984

Con 1 h de lluvia, las espigas retuvieron agua como para incrementar el contenido de humedad de los granos en un 70 a 78 % (sss) a partir de 45 DDE65. Con 6 h de duración las espigas incrementaron su contenido de agua en valores de alrededor del 60 % (sss), en concordancia con King y Richards (1984). En estos casos sólo alrededor del 55 % del agua retenida por las espigas fue encontrado en sus distintas partes. Luego de 24 h en condiciones de 100 % de HR se recuperó el 65 %. En ambos casos el faltante correspondió al agua retenida en forma libre en la espiga como películas o más posiblemente microgotas que se perdieron durante la disección de las partes para la determinación de su humedad. Los granos incrementaron su porcentaje de participación sobre el total de agua absorbida por las distintas partes de la espiga del 6,7 % al fin de la lluvia al 26 % luego de 24 h en 100 % de HR.

Con 6 h de lluvia a los 45 DDE65, la pérdida de humedad luego de 24 h en 100 % de HR de las partes no grano de la espiga equivalió sólo al 44 % de la humedad que ganaron los granos. En el mismo tratamiento pero a los 55 DDE65, la humedad perdida por glumas, glumelas y raquis sólo fue el 34 % de la que ganaron los granos. Esto también demuestra que los granos tomaron parte del agua retenida en forma libre en la espiga ya que tal incremento no se pudo deber a agua ganada por equilibrio hidrosópico con la humedad ambiental porque se requeri-

rían más de 10 días para alcanzarlo en esas condiciones (Pixton y Warburton, 1968).

### 3- Efectos de las lluvias artificiales sobre los parámetros de la calidad

#### 1983

El PH cayó por efecto de las lluvias aplicadas y la pendiente fue mayor al avanzar la posmadurez (Cuadro N° 7).

La densidad de los granos se comportó de un modo similar al PH, al igual que en nuestro trabajo previo (Möckel et al., 1984). No pudieron detectarse diferencias en el peso y volumen de los granos lo que sugirió que hubo efectos muy sutiles sobre el P1000 y V1000 y que una de las principales acciones se produjo sobre la periferia de los granos.

El porcentaje de los granos dudosos aumentó por las lluvias a partir de los 55 DDE65, especialmente cuando luego de las lluvias las gavillas se estacionaron en la condición C. En correspondencia a ello se produjo una reducción del contenido de granos vítreos. El principal efecto de las lluvias estuvo sobre la periferia del grano, ya que el corte de los granos dudosos fue efectivo para diferenciarlos y obtener valores de vitreosidad que no se diferencian respecto de las unidades sin lluvias.

#### 1984

Cayó el PH con 6 h de lluvia seguidas de 24 h de 100 % de HR en todos los momentos explorados (Cuadro N° 8).

Entre 40 y 55 DDE65 aumentó la caída del PH ocasionada por una duración de lluvia y condición de estacionamiento dada. No fue evidentemente un aumento en el grado de caída del PH al pasar de 55 a 65 DDE65.

El porcentaje de granos dudosos aumentó a causa de las lluvias a partir de los 45 DDE65, cuando luego de 6 h de lluvia tuvieron 24 h con 100 % de HR. Idénticas condiciones de lluvia y estacionamiento originaron incrementos cada vez mayores en el contenido de



## El mecanismo del lavado en trigo

Cuadro N°7: Efectos sobre los parámetros de calidad en Ensayo I.

DDE65	TRATAMIENTO	PH	DENSIDAD	P1000	V1000	VITREOS	MOTEADOS	P.BLANCA	DUDOSOS	VIT.CORT.
35	0h A	86,97	1,3997	38,14	27,25	64,00	20,75	14,50	0,75	64,25
	0h C	86,76	1,4029	36,28	25,36	63,75	24,25	11,00	0,75	63,75
	1h A	86,64	1,4077	35,72	25,38	53,50	31,50	15,00	0,00	53,50
	1h C	86,41	1,3995	35,25	25,19	57,00	28,25	13,25	1,75	58,75
	2h A	86,19	1,4013	35,71	25,48	61,25	26,50	12,30	0,25	61,25
	2h C	85,52	1,3894	36,26	26,09	58,50	25,50	14,25	1,75	60,25
45	0h A	86,85	1,3962	36,11	25,86	58,67	19,07	15,75	0,00	58,75
	0h C	86,82	1,3993	36,46	26,05	60,50	25,75	13,00	0,75	60,75
	1h A	85,90	1,3892	36,09	25,97	61,00	28,00	10,75	0,25	61,00
	1h C	86,10	1,3870	35,45	25,56	61,95	26,87	10,70	0,50	62,00
	2h A	86,45	1,3850	36,81	26,58	67,50	20,75	10,75	1,00	68,00
	2h C	86,26	1,3876	35,18	25,35	61,87	21,35	13,52	3,25	64,25
55	0h A	86,35	1,3962	36,36	26,04	60,80	20,70	16,70	1,75	61,3
	0h C	86,05	1,3914	34,31	24,65	64,45	22,25	11,55	0,75	63,50
	1h A	85,50	1,3934	35,64	25,57	64,02	14,42	10,80	5,50	66,75
	1h C	85,49	1,3927	37,77	27,03	57,75	20,20	13,35	8,47	63,50
	2h A	84,97	1,3947	36,92	26,47	54,25	21,50	14,75	5,25	62,50
	2h C	84,21	1,3800	37,19	26,95	44,75	11,35	10,22	36,17	51,00
65	0h A	86,49	1,3975	38,39	27,31	62,50	23,00	14,00	0,50	62,75
	0h C	86,37	1,3928	36,45	25,86	65,00	26,25	9,00	0,25	65,25
	1h A	85,36	1,3924	36,18	26,37	53,00	28,75	13,00	5,25	53,75
	1h C	83,82	1,3850	35,45	26,08	52,33	17,00	14,33	16,33	60,00
	2h A	84,47	1,3867	34,89	25,16	57,75	21,75	9,75	10,75	65,50
	2h C	83,74	1,3712	35,65	26,00	34,50	16,75	22,00	26,75	45,25
ANOVA										
TRATAMIENTOS	11	11	n.s.	n.s.	1	n.s.	n.s.	11	n.s.	
- MOMENTOS	11	11	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	11	n.s.	
- NIVELES	11	11	n.s.	n.s.	1	n.s.	n.s.	11	n.s.	
- SECADO	1	11	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	11	n.s.	
MxN	n.s.	11	n.s.	n.s.	1	n.s.	n.s.	11	n.s.	
MxS	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	11	n.s.	
NxS	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1	n.s.	n.s.	11	n.s.	
MxNxS	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	11	n.s.	
DMS 0,05	1,01	0,010	-	-	14,56	-	-	6,97	-	
DMS 0,01	1,34	0,013	-	-	-	-	-	9,25	-	
Signos y aclaraciones como cuadro n°3										

granos dudosos hasta los 65 DDE65. El incremento de los granos dudosos fue acompañado de un decrecimiento del contenido de granos vitreos, y con sutiles cambios en los panza blanca y moteados. El corte de los granos dudosos no fue efectivo para recomponer los valores de vitreosidad correspondientes a los de los granos de espigas no sometidas a la lluvia lo que indica que ya se había dañado la estructura interna de los granos.

Lluvias de 6 h de duración seguidas de 24 h de 100 % de HR originaron un 7 % de granos brotados a los 65 DDE65, cuando ya los mecanismos de dormancia no fueron efectivos para impedirlo.

La reiteración de lluvias de 3 h en dos momentos sucesivos no afectó ninguno de los parámetros de calidad evaluados más allá del realizado por una lluvia de 3 h en el último de esos momentos (Datos no mostrados).

Cuadro N°8: Efectos sobre los parámetros de calidad en Ensayo II.

DREES	TRATAMIENTO	PH	DENSIDAD	P1000	V1000	VITREOS	MOTEADOS	P.BLANCA	DUDOSOS	VIT.CORT.
40	0h A	86,20	1,4054	39,22	27,91	89,25	10,00	0,75	0,00	89,25
	0h C	86,42	1,4034	40,19	28,64	91,00	8,75	0,00	0,25	91,25
	1h A	86,14	1,3995	40,80	29,15	86,75	11,50	1,75	0,00	86,75
	1h C	86,60	1,3919	39,15	28,13	87,50	11,75	0,25	0,25	87,75
	3h A	85,59	1,3983	35,85	28,54	84,25	13,50	2,25	0,00	84,25
	3h C	85,41	1,4082	37,30	28,26	86,50	12,75	0,50	0,25	86,75
	6h A	86,19	1,4048	40,39	28,47	88,25	10,00	1,75	0,00	88,25
	6h C	85,96	1,3999	38,07	27,20	76,00	18,25	5,25	0,25	76,25
	6h E	85,27	1,3869	39,66	28,39	82,50	10,75	4,75	2,00	83,00
45	0h A	86,19	1,3980	39,54	28,28	84,25	13,50	2,25	0,00	84,25
	0h C	86,15	1,3971	39,41	28,21	87,25	11,25	1,00	0,50	87,75
	1h A	85,99	1,3974	40,64	29,09	81,25	14,00	4,75	0,00	81,25
	1h C	85,35	1,3929	41,20	29,58	91,12	6,20	2,00	0,00	91,12
	3h A	85,61	1,3965	40,02	28,66	85,25	12,00	2,75	0,00	85,25
	3h C	85,70	1,3908	38,50	27,68	82,25	11,50	4,75	1,50	83,25
	6h A	85,64	1,4006	39,34	28,08	78,00	18,25	3,00	0,75	78,75
	6h C	85,46	1,3875	40,74	29,36	84,50	12,00	1,75	1,75	85,50
	6h E	85,12	1,3905	41,28	29,68	63,50	11,00	10,00	15,00	71,75
55	0h A	86,15	1,3970	39,08	28,11	90,75	9,00	0,25	0,00	90,75
	0h C	86,22	1,4064	39,41	28,02	87,00	10,50	2,50	0,00	87,00
	1h A	85,70	1,4033	39,30	28,00	87,25	12,00	0,75	0,00	87,25
	1h C	84,94	1,3915	40,95	29,44	78,00	11,25	4,00	6,75	84,00
	3h A	85,30	1,3984	39,93	28,56	89,00	9,00	2,00	0,00	89,00
	3h C	84,51	1,3962	41,57	29,56	62,50	4,50	8,25	24,75	80,75
	6h A	85,77	1,3849	40,42	29,19	81,00	8,75	1,25	7,00	84,25
	6h C	84,01	1,3850	40,95	29,57	67,75	5,75	5,50	21,00	82,25
	6h E	81,90	1,3510	38,03	28,14	20,75	2,50	10,75	66,00	42,75
65	0h A	86,00	1,4066	40,13	28,53	86,00	11,00	3,00	0,00	86,00
	0h C	86,42	1,3977	39,63	28,36	89,00	9,25	1,75	0,00	89,00
	1h A	85,71	1,3923	39,83	28,61	83,25	10,75	4,75	1,25	83,50
	1h C	85,25	1,3914	39,05	28,06	72,75	13,25	4,75	7,00	80,75
	3h A	85,52	1,3935	40,23	28,86	76,25	20,25	3,50	2,50	77,50
	3h C	84,51	1,3917	40,94	29,42	62,50	16,25	4,00	17,25	75,50
	6h A	84,96	1,3805	39,28	28,45	43,00	3,75	3,25	50,00	86,75
	6h C	84,19	1,3687	39,64	28,95	44,50	9,00	6,00	40,50	56,25
	6h E	81,59	1,3465	40,40	30,01	6,25	1,50	8,25	81,50	45,75
ANOVA										
TRATAMIENTOS		##	n.s.	n.s.	n.s.	##	##	##	##	##
MOMENTOS		##	?	n.s.	n.s.	##	n.s.	##	##	##
NIVELES		##	n.s.	n.s.	n.s.	##	n.s.	##	##	##
SECADO		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	?	n.s.	n.s.	##	##
MxN		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	##	##	n.s.	##	##
MxS		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	##	?	##	##	##
MxS		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	##	##
MxNxS		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	?	##
DMS 0,05		0,97	-	-	-	13,71	7,63	3,89	11,86	14,4
DMS 0,01		1,28	-	-	-	18,13	10,08	5,14	15,68	19,00
Signos y aclaraciones idéa cuadro n°4										

## El mecanismo del lavado en trigo

### 4- Relación rehidratación - daño comercial

Utilizando lluvias artificiales se logró incrementar la humedad de los granos cuando éstos aún no estaban secos para cosecha directa (humedad mayor al 12 %) y en esos casos se tuvo una leve pero significativa caída del PH, no afectándose la vitreosidad de los granos.

Cuando el grano ya estaba seco, fue posible detectar incrementos en el contenido de su humedad que, cuando superaron el 5,5 % (sss), causaron caídas altamente significativas del PH. En 1983 a los 45 DDE65, los granos ya estaban secos pero no incrementaron su humedad y consecuentemente no cambiaron su PH. Esto coincidió con un trabajo previo donde fue necesario que pasaran 8 días a partir de que el grano estaba seco como para cosecha directa para que se torne susceptible al daño por lluvias (Cantamutto et al., 1986a) y podría deberse a que aún existen mecanismos de "bombeo" del agua como el postulado por Meredith y Jenkins (1975).

Cuando el grano absorbió agua se hinchó, y al secarse no recobró su tamaño original (Sharp, 1927). Debido a ello se originaron fracturas internas (Milner et al., 1952) que disminuyeron la densidad (Bushuck y Hlinka, 1960) y de este modo el PH.

La pérdida de vitreosidad se manifestó en ambos años en forma altamente significativa a partir de los 55 DDE65. En 1984, ya a los 45 DDE65 luego de 6 h de lluvia y estacionamiento con 100 % de HR se obtuvo un incremento significativo del porcentaje de granos dudosos y descenso del porcentaje de los vítreos, aunque el corte de los dudosos permitió su correcta reubicación.

Arriaga et al. (1980) hallaron que el remojado pasó los moteados a panza blanca, lo que pudo haber ocurrido en el presente trabajo con rehumedecimientos leves. Con las rehidrataciones mayores se afectaron los granos inicialmente vítreos, los que pasaron a ser de vitreosidad dudosa.

La secuencia de eventos indicó que el PH es el parámetro afectado en primera instancia en

respuesta a incrementos en el contenido de humedad. En una segunda etapa tuvo lugar la aparición de granos dudosos en correspondencia al decaimiento del contenido de los vítreos. En ésta etapa el corte de los granos evidenció que el daño era principalmente periférico. En la tercera etapa se comprometió ya la naturaleza interna de los granos y esto ocurrió más asociado al grado de posmadurez que a incrementos de la humedad de los granos.

## CONCLUSIONES

Del análisis conjunto de los resultados obtenidos al someter espigas de trigo a lluvias artificiales se concluyó que:

- 1- Los granos no incrementaron sustancialmente su contenido de humedad por absorción directa de la lluvia sino que esto ocurrió cuando luego de ella permanecieron 24 h en condiciones de alta HR.
- 2- El incremento de la humedad ocurrida a las 24 h se debió al pasaje al grano de agua de la lluvia retenida en forma libre en la espiga y en las partes "no grano".
- 3- Se incrementó la capacidad de absorción de agua de los granos con la posmadurez.
- 4- Las partes "no grano" de la espiga presentaron una alta capacidad de absorción de agua de la lluvia y la incrementaron con el avance de la posmadurez, pero anticipada en el tiempo a la del grano.
- 5- La disminución del PH y de granos vítreos estuvo relacionada a incrementos en el contenido de humedad de los granos.
- 6- Una vez ocurrida la madurez fisiológica las lluvias primero afectaron el PH y luego la vitreosidad, progresando ésta de la periferia al centro del grano.
- 7- No se detectó un efecto aditivo de las lluvias en distintos momentos de la posmadurez ni en la dinámica de absorción de agua ni en la calidad comercial de los granos.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) ARRIAGA, H.O.; H.O. CHIDICHIMO; y M.E. SEMPE. 1980. El carácter vítreo del grano de trigo. *Rev. Fac. de Agr. (UBA)* 1:47-61.
- 2) BAUER, A. and A.L. BLACK. 1983. Sprouting in intact mature spikes of Hard Red Spring Wheat. *A. J.*, 75:1016-1021.
- 3) BOWDEN, P.J.. 1984. Comparison of three routine oven methods for grain moisture content determination. *J. Stored Prod. Res.*, 20(2):97-106.
- 4) BUSHUK, W. and I. HLYNKA. 1960. Weight and volume changes in wheat during sorption and desorption of moisture. *Cereal Chem.*, 37:390-398.
- 5) CANTAMUTTO, M.A.; F.E. MÖCKEL; M.O. DEAN y G.D. GULLACE. 1986 a. Momento de ocurrencia, magnitud y reiteración de lluvias como determinante del "lavado" del grano de trigo y su efecto en la calidad comercial e industrial. *Rev. Fac. Agr. (UBA)*, 7(1):45-53.
- 6) CANTAMUTTO, M.A.; F.E. MÖCKEL, L.M. GALLEZ; y G.D. GULLACE. 1986 b. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el "lavado" de trigo. *Rev. Fac. Agr. (La Plata)*, LXI-LXII(1-2):131-141.
- 7) CANTAMUTTO, M.A.; F.E. MÖCKEL; A.R. VALLATTI y M.S. ZABALOY. 1986c. Influencia del peso y contenido proteico del grano sobre el efecto del lavado en *Triticum durum* Desf. I Congreso Nacional del trigo (Pergamino, 6 al 10/X/86). *AIANBA (ed) Actas*, II:41-57.
- 8) CLARKE, J.M. 1981. Effect of harvert time and drying method on quality and grade of irrigated soft white spring wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 61:803-810.
- Clarke, J.M. 1983. Time of physiological maturity and post-physiological maturity drying rates in wheat. (Note). *Crop Sci.*, 23:1023-1025.
- 9) CLARKE, J.M. 1986. Effect of kernel water concentration at harvest and drying method on grades of Red Spring and Durum Wheats. *Can. J. Plant Sci.*, 66:(79-86).
- 10) DODDS, M.E.; K.E. BOWREN; D.A. DEW and D.G. FARIS. 1978. The effect of windrowing Hard Red Spring Wheat at different stages of maturity at four locations in western Canada. *Can. J. Plant Sc.* 59:321-328.
- 11) KING, R.W. and R.A. RICHARDS. 1984. Water uptake in Relation to Pre-harvest sprouting in wheat: ear characterist. *Aust. J. Agric. Res.*, 35:327-336.
- 12) KIRLEIS, A.W.; T.L. HOUSLEY; A.M. EMAM; F.L. PATTERSON and M.R. OKOS. 1982. Effect of preripe harvest and artificial dryng on the milling and baking quality of Soft Red Winter Wheat. *Crop. Sci.*, 22(4):871-876.
- 13) MEREDITH, P. and L.D. JENKINS. 1975. Loss of moisture from developing and ripening cereal grains. *N. Z. J. of Sci.*, 18:501-509.
- 14) MILNER, M.; J.A. SCHELLENBERGER; M.R. LEE and R. KATZ. 1952. Internal fissuring of wheat due to weathering. *Nature*, 170:533.

### El mecanismo del lavado en trigo

- 15) MÖCKEL, F.E.; M.A. CANTAMUTTO; E.G. GAIDO y G.D. GULLACCE. 1984. Efecto de la lluvia en el momento de la cosecha ("lavado") sobre características físicas, químicas y reológicas del grano de trigo *Triticum aestivum* L. *Rev. Fac. Agr.(UBA)*, 5(1-2):1-6.
- 16) PIXTON, S.W and S. WARBURTON. 1968. The time required for conditional to equilibrium with specific relative humidities. *J. Stored Prod. Res.*, 4:261-265.
- 17) SHARP, P.F. 1927. Wheat and flour studies IX Density of wheat as influenced by freezing, stage of development, and moisture content. *Cereal Chem.* 4:14-46.
- 18) TIPPLES, K.H. 1979. Effect of immaturity on the milling and baking quality of red spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 60:357-369.
- 19) TOMBETTA, E.; J.A. VIALE y R. DROBNER. 1975. Cosecha anticipada en trigo mediante hilerado. Calidad comercial e industrial. INTA EERA Marcos Juárez. Inf. Téc. 71